

トンネル定期点検における  
本体工（覆工）の状態把握の留意点  
（参考資料）

令和２年６月

国土交通省 道路局 国道・技術課

## 目 次

|                         |       |    |
|-------------------------|-------|----|
| 1. 適用範囲                 | ．．．．． | 1  |
| 2. 覆工に発生する変状の要因         | ．．．．． | 1  |
| 3. 状態の把握に関する留意事項        | ．．．．． | 2  |
| 4. 新技術活用に関する留意事項        | ．．．．． | 5  |
| 5. 記録に関する留意事項           | ．．．．． | 10 |
| 付録-1 点検でとくに注意すべき部位、変状状況 | ．．．．． | 11 |
| 付録-2 機器のキャリブレーションの例     | ．．．．． | 24 |
| 付録-3 記録様式の例             | ．．．．． | 28 |

## 1. 適用範囲

本資料は、「道路トンネル定期点検要領（平成 31 年 2 月 国土交通省道路局）」（以下「要領」という。）に記載の「4. 状態の把握」において、トンネル本体内のうち覆工の状態の把握時にうき・はく離、はく落の変状を対象に、点検箇所の一部等において近接目視によらないときの扱いも含めて具体的な運用上の注意点や技術的留意事項を記載したものである。要領と併せて参考にとするとよい。なお、本資料においては、覆工の状態の把握の実務において有用と考えられる事項は、要領等で既に示されている一部内容も含めて記載している。

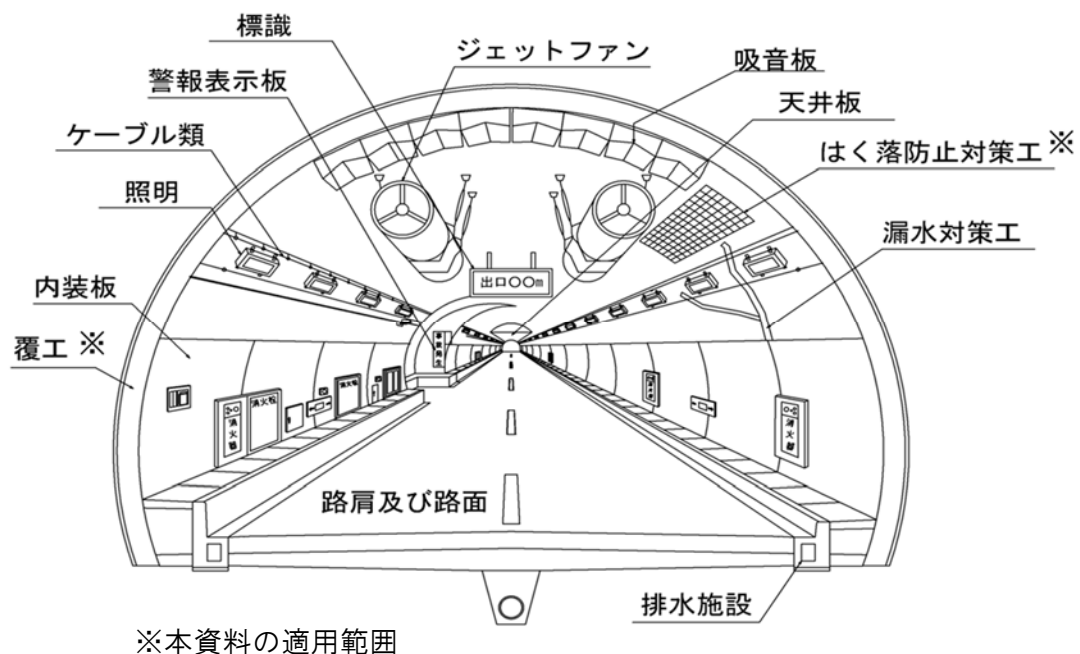


図-1 標準的な点検対象箇所（トンネル内）

覆工には、アーチ部、側壁部、目地部が含まれる。なお、本資料においては、はく落防止対策工等の覆工面への補修箇所も適用範囲とする。

## 2. 覆工に発生する変状の要因

状態の把握においては、変状の発生する原因にも留意しておくとうよい。変状の原因は外力の作用等の外因と使用材料や施工等の内因に大別できる。うき・はく離、はく落は、外力の作用等に起因したひび割れによって、うき・はく離が発生する場合と覆工材、補修・補強材の劣化に伴い、うき・はく離が発生する場合がある。

覆工に発生する変状の原因を表-1に示す。外因（外力）によって発生する変状は、変状区分「外力」に分類される。なお、内因（施工、設計）にある覆工巻厚不足やインバートの未設置等によって覆工耐荷力が不足する状態で

外力が作用すると外力による変状が顕在化する場合もある。

発生する変状は外因、内因それぞれの変状原因が複合的に作用して顕在化するのが一般的であることに注意する必要がある。

表-1 覆工に発生する変状の原因

|    |    | 変状の原因                                                           |
|----|----|-----------------------------------------------------------------|
| 外因 | 外力 | 【地形・地質によるもの】<br>緩み土圧、膨張性土圧、偏土圧、斜面のクリープ、<br>地すべり、支持力不足           |
|    |    | 【地下水によるもの】<br>水圧、凍土圧                                            |
|    |    | 【その他の原因】<br>近接施工、地震、地殻変動等                                       |
|    | 環境 | 【経年によるもの】<br>経年劣化、鋼材腐食                                          |
|    |    | 【地下水によるもの】<br>漏水、凍害                                             |
|    |    | 【劣化促進によるもの】<br>塩害、有害水                                           |
|    |    | 【その他の原因】<br>火災等                                                 |
| 内因 | 材料 | 【骨材、セメント、コンクリートによるもの】<br>異常凝結、水和熱、低品質骨材、反応性骨材、<br>ブリーディング、乾燥収縮等 |
|    | 施工 | 【コンクリートの施工によるもの】<br>打込み不良、締固め不良、養生不良、巻厚不足、<br>背面空洞等             |
|    |    | 【鉄筋組み立てによるもの】<br>配筋の乱れ、かぶり不足等                                   |
|    |    | 【型枠によるもの】<br>型枠変形、早期脱型、支保工の沈下等                                  |
|    | 設計 | インバート無し、支持力不足等                                                  |

### 3. 状態の把握に関する留意事項

#### (1) 状態の把握の基本

状態の把握は、基本として近接目視により発生している変状を観察する。  
覆工表面のうき・はく離、はく落が懸念される箇所に対しては、うき・はく離の有無及び範囲等を把握する打音検査を行うとともに、利用者被害の可能

性のあるコンクリートのうき・はく離を撤去するなどの応急措置を講じる。変状の種類、過去の変状の有無や要因などによっては、打音検査、触診、その他必要に応じた非破壊検査を行うなど、慎重な状態の把握が必要な場合があることに留意する。

打音検査による判定の目安は表-2のとおりである。また、覆工コンクリート等にひび割れが深さ方向に斜めに入っている場合は、打音検査によりその方向と範囲が推定できるものもあるので、注意して点検を行う必要がある。

表-2 打音検査による判定の目安

| 打音区分 | 状態                        | 判定            |
|------|---------------------------|---------------|
| 清音   | キンキン、コンコンといった清音を発し、反発感がある | 健全            |
| 濁音   | ドンドン、ドスドスなど鈍い音をする         | 劣化、表面近くに空洞がある |
|      | ボコボコ、ペコペコなど薄さを感じる音がする     | うき・はく離している    |

濁音を発するうき・はく離があると判断された箇所は、ハンマーを用いてできる限り撤去する。撤去作業に用いるハンマーは、変状や作業効率等を考慮して適切なものを使用する。撤去した箇所は、コンクリート小片が残ることのないよう丁寧に清掃を行う。なお、撤去したコンクリート片は写真等に記録しておく。また、打音検査でうき・はく離が見つかった箇所は現地にマーキングをしておくことが必要である。

定期点検で特に注意すべき部位、変状状況は、本資料の付録-1を参考にするとよい。

表-3に健全性の診断に用いる、変状種類及び変状区分との関係を示す。うき・はく離は、変状区分「外力」または「材質劣化」に区分される。

表-3 変状種類及び変状区分との関係

| 変状種類             | 変状区分 |      |    |
|------------------|------|------|----|
|                  | 外力   | 材質劣化 | 漏水 |
| ①圧ざ、ひび割れ         | ○    | ○    |    |
| ②うき、はく離          | ○    | ○    |    |
| ③変形、移動、沈下        | ○    |      |    |
| ④鋼材腐食            |      | ○    |    |
| ⑤巻厚の不足または減少、背面空洞 |      | ○    |    |
| ⑥漏水等による変状        |      |      | ○  |

「外力」は、トンネルの外部から作用する力をいう。「材質劣化」は、使用材料の品質や性能が低下するものであり、施工に起因する不具合もこれに含む。

なお、変状種類とは変状として現れる事象であり、変状区分は基本的には変状の要因を区分したものである。したがって、表-3でいう変状区分は、必要となる対策の区分とは異なることに注意する必要がある。例えば、材質劣化による変状が生じている場合にも、必要に応じて外力への対策が必要となる場合などがある。

## (2) 工法の違いによる留意事項

状態の把握においては、道路トンネルの構造や工法の特性、地質条件や環境条件などによって、変状が道路トンネルの健全性に及ぼす影響が異なることに留意する。具体的には、矢板工法によるトンネルか山岳トンネル工法（いわゆる NATM）によるものかによって、注意すべき変状が異なる場合がある。矢板工法及び山岳トンネル工法の主な特徴を以下に示す。

### ①矢板工法

- ・覆工にも外力が作用する場合が多いため、外力性の変状も有り得る
- ・アーチ部と側壁部の間に打継ぎ目があるため、うき・はく離の頻発箇所となりやすい
- ・覆工背面と地山の間に空隙が残りやすい

### ②山岳トンネル工法

- ・特殊な場合を除き、覆工には外力が作用しないため、外力性の変状が発生している場合は特に注意を要する
- ・覆工背面には防水シートが施工されており、漏水の発生は比較的少ない。そのため漏水が多い場合は注意を要する

なお、覆工スパン内に複数の変状が存在する場合には、変状の原因の推定に努め、変状の進行性なども踏まえて評価するのがよい。

### (3) 近接目視によらない場合の留意事項

健全性の診断の根拠となる状態の把握は、近接目視によることが基本であるが、知識と技能を有するものが、自らの近接目視によるときと同等の診断ができると判断した場合には、点検箇所の一部について、その他の方法で状態の把握を行うことが出来る。ただし、道路管理者においては、定期点検として所要の品質が確保されなければならないことに注意する必要がある。そのため、その他の方法の活用の範囲や対象となる変状種類等について確認し、状態の把握の内容に不足する事項等が無いように留意する。

健全性の診断の品質を確保するためには、道路トンネルやその維持管理等に関する必要な知識や経験、道路トンネルに関する相応の資格等、定期点検に関する技能を有したものが従事することが重要であり、その他の方法として新技術等を活用して状態の把握を行う場合においても同様である。

## 4. 新技術活用に関する留意事項

新技術等を活用して状態の把握を行う場合は、要領及び点検に関する「新技術利用のガイドライン（案）（平成31年2月 国土交通省）」、「点検支援技術性能カタログ（案）（令和2年6月 国土交通省）」（以下「性能カタログ」という。）、「モニタリング技術も含めた定期点検の支援技術の使用について（参考資料）（令和2年6月 国土交通省道路局国道・技術課）」が参考となる。

点検箇所の一部について、近接目視によらない新技術等を活用した方法により状態の把握を行う場合の技術としては、近接目視の支援技術、打音検査の支援技術、点検記録に関する技術等があげられ、これらの技術は主に画像計測技術、非破壊検査技術に分類される。

トンネルにおける画像計測技術は、主にひび割れを検出する技術が多いが、ひび割れの発生状況を把握することは、うき・はく離の発生を検出する上で有効な手段と考えられる。画像計測技術には、車両に搭載されたカメラやレーザーなどの計測機器により覆工表面の状態を記録するもの等がある。最近では、覆工表面の画像撮影を実施し、取得した画像データを参考に変状展開図を作成、または照合することで人力によるスケッチに比べて変状の位置や規模等の確認や時間短縮等、点検または記録の効率化につながることから実施されている事例がある。

非破壊検査技術には、専用の機器等の使用により遠隔からの打音計測を行い、うき・はく離の発生を検出するもの等がある。また、高解像度のデジタルカメラやレーザー、赤外線カメラ等を組み合わせた技術により、覆工に発生している圧ざ、ひび割れ、うき・はく離、鋼材腐食、漏水等による変状などを自動検出する技術の開発も進められている。

なお、利用者被害の可能性のあるうき・はく離については、ハンマーを用い

た叩き落とし等の応急措置を含めた対応が必要なことにも留意する。

なお、措置の一部として監視を行う場合にモニタリング技術の使用を計画するにあたって、少なくとも勘案されるべき、基本的な注意点については、「監視計画の策定とモニタリング技術の活用について（参考資料）（令和2年6月国土交通省道路局 国道・技術課）」が参考となる。

道路管理者においては、新技術等を活用する際には、以下について確認するとよい。

## （１）画像計測技術の活用

### ①新技術等の活用の目的と対象項目

画像計測技術を用いる目的（ひび割れ等の変状の検出、打音検査の対象範囲のスクリーニング、変状展開図の作成等）を明確にする。変状を検出する場合は、対象の変状種類について確認し、対象外の変状の扱い（別途、近接目視による等）についても事前に確認しておくといよい。

### ②対象範囲

画像計測技術を覆工全体に適用しない場合には、適用する部分としない部分の範囲と扱いについて確認する。なお、附属物等により死角が発生する場合の対応方法についても事前に確認しておくといよい。

### ③画像計測技術の性能及び精度

画像計測技術によりひび割れ等の変状を検出する場合は、計測性能と計測精度について、性能カタログ等で事前に確認する。ひび割れを検出する場合の計測性能、精度として確認すべき項目の例を以下に示す。

#### ・最小ひび割れ幅（及び計測精度）、ひび割れ長さ計測精度（及び相対誤差）

検出可能な最小ひび割れ幅と計測精度、ひび割れ長さの計測精度と相対誤差を確認するとよい。なお、ここでの最小ひび割れ幅等の値は、使用機器の解像度等の性能や現場条件（撮影距離、撮影速度、撮影角度等）が最適な場合であることが多いため、実際に現場での使用の際は、使用する機器の性能及び現場条件を加味した上で、計測が可能な最小ひび割れ幅等の各項目を想定しておくといよい。

#### ・変状の位置精度

検出した変状の位置精度は、縦断方向および横断方向で異なる点に注意する。位置精度については、変状の発生箇所の特定制や変状の進行状況の把握（のちの計測結果との重ね合わせ）等のため、精度の良いものほど望ましい。

#### ・色識別性能 等

フルカラー識別、グレースケール識別、輝度識別等の技術があり、目的に応じて選択するとよい。



なお、要領付録3の判定の目安例に示される変状の程度が検出できる性能及び精度が確保されている技術であることを確認するとよい。表-4に矢板工法において、ひび割れの進行の有無が確認できない場合のひび割れ規模（幅や長さ）等に着目した判定の目安例を参考に示す。

発生した変状については、継続的なモニタリングや照合・検証等を考慮し、検出位置精度や得られたデータ等の汎用性についても妥当性を確認しておくこと以後の維持管理においても有効な資料となる。

表-4 矢板工法の場合の点検時（ひび割れの進行の有無が確認できない場合）の判定の目安例

| 対象箇所 | 部位区分 | 外力によるひび割れ          |           |           |                     |           |          | 判定区分                 |
|------|------|--------------------|-----------|-----------|---------------------|-----------|----------|----------------------|
|      |      | 幅 <sup>補足 1)</sup> |           |           | 長さ <sup>補足 2)</sup> |           |          |                      |
|      |      | 5mm<br>以上          | 3～5<br>mm | 3mm<br>未満 | 10m<br>以上           | 5～10<br>m | 5m<br>未満 |                      |
| 覆工   | 断面内  |                    |           | ○         | ○                   | ○         | ○        | I、Ⅱ <sup>補足 3)</sup> |
|      |      |                    | ○         |           |                     |           | ○        | Ⅱ                    |
|      |      |                    | ○         |           |                     | ○         |          | Ⅲ                    |
|      |      |                    | ○         |           | ○                   |           |          | Ⅲ                    |
|      |      | ○                  |           |           |                     |           | ○        | Ⅱ、Ⅲ <sup>補足 4)</sup> |
|      |      | ○                  |           |           |                     | ○         |          | Ⅲ                    |
|      |      | ○                  |           |           | ○                   |           |          | Ⅳ                    |

補足1) 連続したひび割れ内で幅が変化する場合は、最大幅を当該ひび割れの幅とする。

補足2) 覆工スパンをまたがる連続したひび割れは、覆工スパンをまたがって計測される長さを当該ひび割れの長さとする（覆工スパン単位のひび割れ長さでは評価しない）。

補足3) 3mm未満のひび割れ幅の場合の判定例を下記に示す。

I：ひび割れが軽微で、外力か材質劣化か判断が難しい場合

II：地山条件や、周辺のひび割れ発生状況等から、外力の作用の可能性がある場合

なお、地山条件や、周辺のひび割れ発生状況等から、外力の作用が明らかに認められる場合は、その影響を考慮して判定を行うことが考えられる。

補足4) ひび割れ幅が5mm以上でひび割れ長さが5m未満の場合の判定は、ひび割れの発生位置や発生原因を考慮して、判定を行う。

#### ④実施体制等

画像計測技術活用時の体制および機器等の使用時の条件を確認する。ひび割れを検出する場合の実施体制等の確認事項としては、以下のものがある。

- ・ 活用時の人員体制
- ・ 計測時間
- ・ 活用時の環境条件（季節、時間、温度等）
- ・ 対象トンネルの現場条件（延長、断面形状、照度、走行条件、附属物等）
- ・ その他の制約等（機器等の手配、交通規制、関係機関続き等）

## ⑤その他留意事項

画像計測技術等を用いて現地での状態の把握を行う場合の機器等の選別にあたっては、

- ・変状の向き等の影響
- ・機器等の向きに対する解像度
- ・現地の明るさ等の条件
- ・正対しない場合の画像のゆがみや光の角度と部材表面の凹凸の関係により生じる影の影響
- ・その他、機器等が明らかにする性能並びにその発揮条件

などを考慮し、定期点検を行う者が必要と考える精度の情報が得られるように画像等を取得する機器等の選定を行う必要がある。このとき、選定の妥当性を溯って検証ができるように、選定の考え方を記録に残すのがよい。付録-2に機器等を使用した場合のキャリブレーションの例を示す。また、直接状態の把握を行った箇所と機器等でのみ状態の把握を行った箇所は明らかにし、記録に残すのがよい。

## (2) 非破壊検査技術の活用

非破壊による調査の多くは、電磁波、音波等を入力したときの媒質（部材や材料）の振動特性、振動伝搬特性、透過特性、磁場の変化等を把握し、様々な理論や経験的に確かめられた法則を用いて、調査しようとする物理量（強度、剛性、寸法、位置情報等）を導出あるいは推定するものである。

調査しようとする物理量を導出あるいは推定にあたって様々な誤差は免れず、計測条件によっては計測誤差があったり、出力から理論や相関など何らかのモデルを介して調査項目に対する推定値を得ようとするときにはモデル誤差も存在する。

また、調査対象構造物によって調査範囲も変わる。例えば、一点の測定点が部材などの全体を代表するものではないことも多い。また、原理によっては広い範囲で計測する必要がある調査法もあれば、局所的に計測する調査法もある。そのため、複数の非破壊調査を組み合わせたり、一部微破壊調査、破壊調査なども行ってキャリブレーションを行うことで、調査の信頼性を向上させることもある。このように、調査の目的、調査対象構造物の特徴などを考慮した調査計画を立案することが重要である。

なお、非破壊検査技術の活用の留意点に関しては、「モニタリング技術も含めた定期点検の支援技術の使用について（参考資料）」が参考となる。

非破壊検査技術によるうき・はく離、はく落の検出を行う際には、以下について確認した上で目的に応じた技術を使用するとよい。

### ① 新技術等の活用の目的

非破壊検査技術を用いる目的（うき・はく離の検出、打音検査の代替または

対象範囲のスクリーニング等)を明確にする。なお、非破壊検査技術では、うき・はく離の有無を検出する技術とうき・はく離の変状の大きさ等を検出する技術があり、目的に応じて使い分けるとよい。

## ② 対象範囲

非破壊検査技術を覆工全体に適用しない場合には、適用する部分としない部分の扱いについて確認する。特に目地部においても適用が可能な技術であるかの確認は行うこと。なお、附属物等により適用出来ない箇所が発生する場合の対応方法についても事前に確認しておくとい。

## ③ 非破壊検査技術の性能及び精度

画像計測技術によりうき・はく離を検出する場合は、計測性能と計測精度について、性能カタログ等で事前に確認する。うき・はく離を検出する場合の計測性能、精度として確認すべき項目の例を以下に示す。

### ・ うき・はく離の大きさ（形状）、及び検出するための条件

検出可能なうき・はく離の大きさ（覆工表面上の大きさ、または、うき・はく離の深さ等）を確認する。なお、技術によっては変状を検出するための条件（例えば、うき・はく離による一定の大きさ以上の隙間・空洞があること、または発生場所の深さ等）が付く場合があるので目的に応じた技術を使用することに留意する。

### ・ 大きさ（形状）の精度

検出されたうき・はく離の大きさや形状について、どの程度の精度を有する技術であるか確認する。

### ・ 検出率および的中率

うき・はく離の検出率および的中率について、どの程度の性能を有する技術であるか確認する。なお、検出率が低いことは、実際に発生しているうき・はく離の見逃しが多いことを意味する。的中率が低いことは、実際にはうき・はく離が発生していない箇所の検出が多いことを意味する。

### ・ 変状の発生位置精度

検出した変状の位置精度は、縦断方向、横断方向で異なる場合が多い。位置精度については、変状の発生箇所の特定制や変状の進行状況の把握（のちの計測結果との重ね合わせ）等のため、精度の良いものほど望ましい。

状態の把握において、近接目視によらない方法として非破壊検査技術による結果を用いる場合は、要領付録3の判定の目安例に示される変状の程度が検出できる性能及び精度が確保されている技術であることを確認すること。

なお、発生した変状については、継続的なモニタリングや照合・検証等を考慮し、検出位置精度や得られたデータ等の汎用性についても妥当性を確認しておくとい。

#### ④実施体制等

非破壊検査技術活用時の体制および機器等の使用時の条件を確認する。うき・はく離を検出する場合の実施体制等の確認事項としては、以下のものがある。

- ・ 活用時の人員体制
- ・ 計測時間
- ・ 活用時の環境条件（季節、時間、温度等）
- ・ 対象トンネルの現場条件（延長、断面形状、照度、走行条件、附属物等）
- ・ その他の制約等（機器等の手配、交通規制、関係機関続き等）

#### ⑤その他留意事項

利用者被害の可能性のあるうき・はく離については、ハンマーを用いたたたき落とし等の応急措置を含めた対策が必要である。

### 5. 記録に関する留意事項

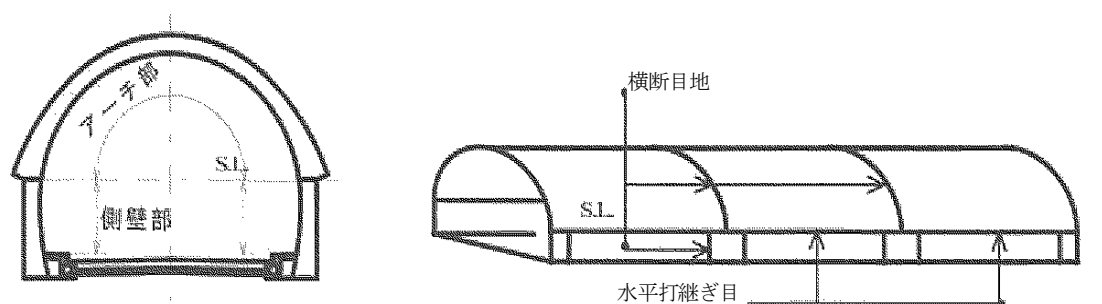
要領付録1の記録様式は、変状の位置、規模、状態等の情報、写真等の点検結果を総括表や写真、変状展開図に記録するとともに、調査や措置の記録をするもので、トンネルの維持管理を行ううえで重要な資料となる。

状態の把握において得られた変状等の情報は、以後の維持管理において有効に活用出来るよう適正に記録に残すことに留意する。たとえば、データの汎用性を考慮し、別の点検業者でも過年度との比較検討が出来るフォーマットを用いることが望ましい。また、各種の方法で確認された変状は、変状展開図に適正に記録しておくことにより、トンネル全体の変状を俯瞰的に把握し、次回の点検や以後の調査等に引き継ぐことが出来るため、トンネルの維持管理においても有効な資料となる。また、近接目視によらない方法を用いた場合、その箇所の記録も記録様式に残しておくことよい。付録-3に変状展開図の記録様式（機器を活用する記録の例）、近接目視によらない方法を用いた場合の記録様式を示す。

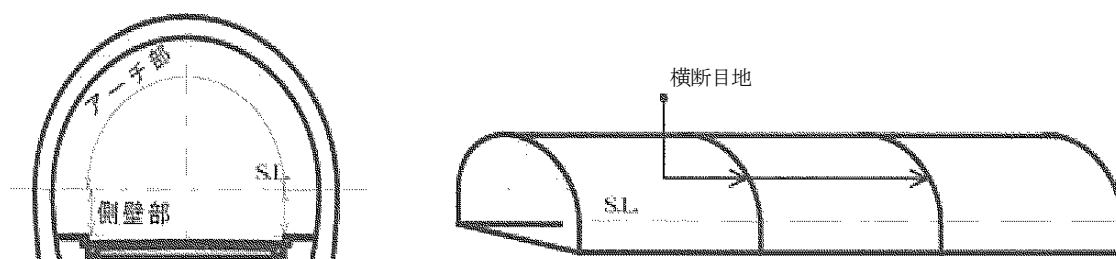
付録-1 点検でとくに注意すべき部位、変状状況

(1) 覆工の目地および打継ぎ目において注意すべき事項

付図-1.1.1 に矢板工法と山岳トンネル工法の目地、打継ぎ目の位置を示す。



(a) 矢板工法（覆工打込み方法：逆巻き）の例

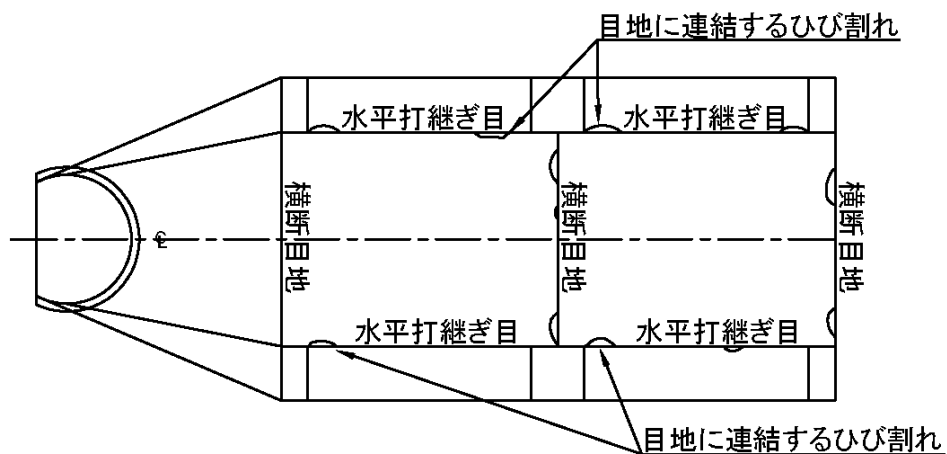


(b) 山岳トンネル工法（覆工打込み方法：全断面）の例

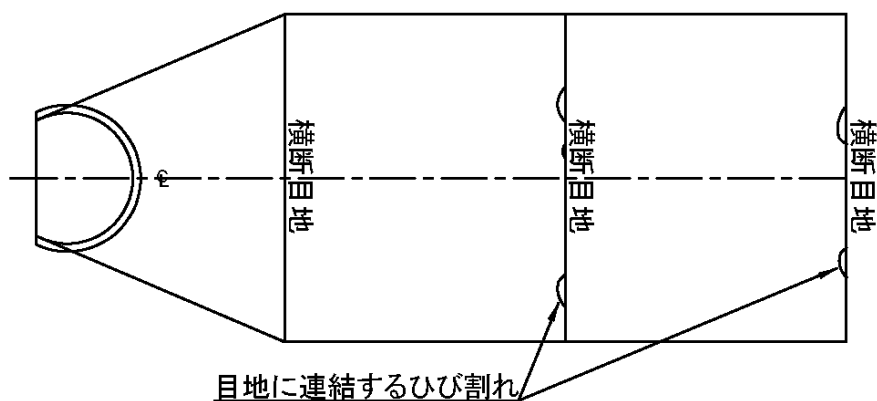
付図-1.1.1 目地、打継ぎ目の位置

- ① 覆工の目地および打継ぎ目は、コンクリート面が分離された部分であり、周辺にひび割れが発生した場合、目地および打継ぎ目とつながりコンクリートがブロック化しやすい。また、覆工の横断目地付近に温度伸縮等により応力が集中し、ひび割れ、うき・はく離が発生することがある。

付図-1.1.2 に覆工の目地及び打継ぎ目とその付近に発生する変状の例、付写真-1.1.1 に横断目地の天端付近に発生した半月状のひびわれの例を示す。

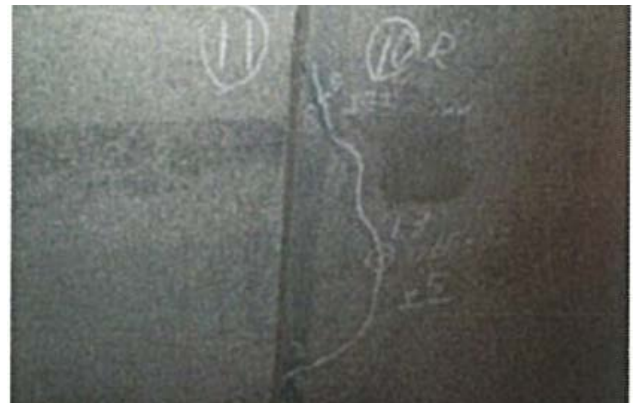
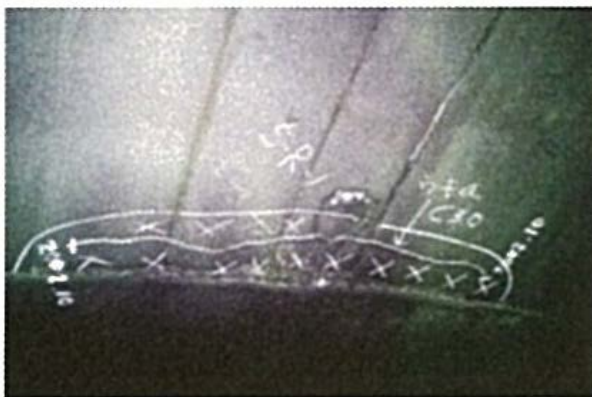


(a)矢板工法（覆工打込み方法：逆巻き）の例



(b) 山岳トンネル工法（覆工打込み方法：全断面）の例

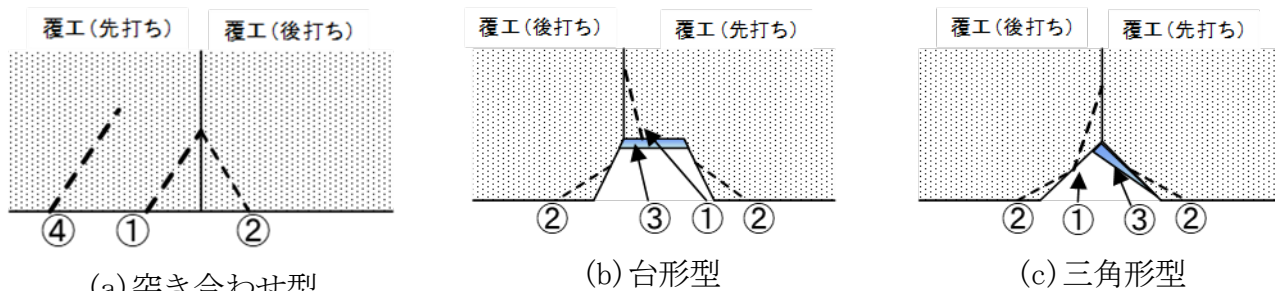
付図-1.1.2 覆工の目地及び打継ぎ目とその付近に発生する変状の例



付写真-1.1.1 横断目地の天端付近に発生した半月状のひびわれの例

- ② 覆工の横断目地付近に温度伸縮等により応力が集中し、ひび割れ、うき・はく離が発生することがある。また、覆工の型枠据付・解体時の衝撃や過度の押し上げ等により、目地および打継ぎ目付近にひび割れが発生することがある。

付図-1.1.3 に横断目地周辺に発生する変状の概念図、付写真-1.1.2 に横断目地付近に発生した変状の例を示す。



タイプ①：覆工（後打ち）コンクリートに付着して覆工（先打ち）コンクリートが固化する際に発生

タイプ②：隅角部の角かけ

タイプ③：覆工（後打ち）コンクリートのモルタル分が流出し付着

タイプ④：覆工（後打ち）の型枠の接触または過度な押し上げにより突き合わせ型横断目地で発生

付図-1.1.3 横断目地周辺に発生する変状の概念図



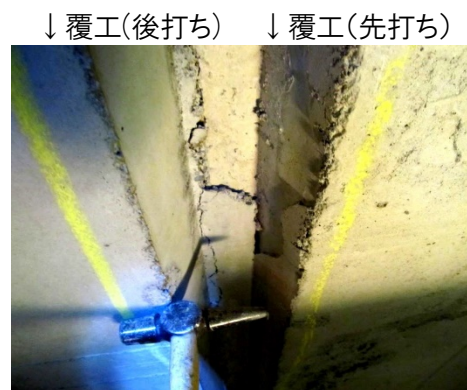
(a)タイプ①(突き合わせ型)



(b)タイプ①(台形型)



(c)タイプ②(三角形型)



(d)タイプ③(台形型)

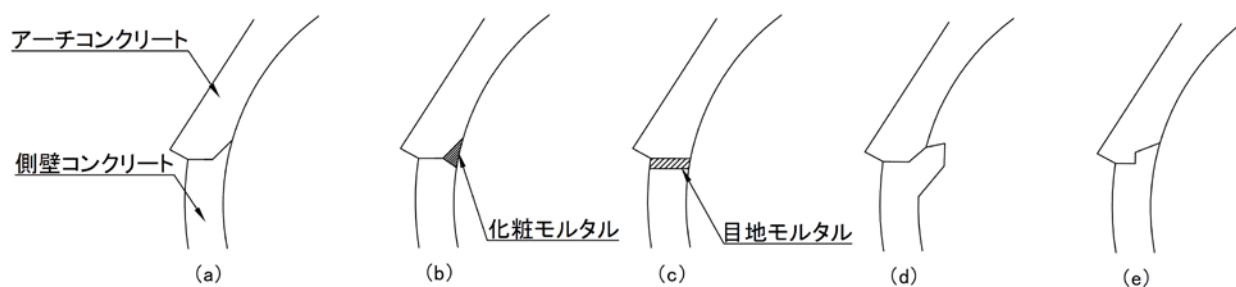
付写真-1.1.2 横断目地付近で発生する変状の例



- ③ 覆工が逆巻き工法で施工された矢板工法のトンネル※は、水平打継ぎ目に化粧モルタルを施工することがあり、化粧モルタルや事後の補修モルタルがはく落することがある。また、施工の不具合等で段差等が生じた箇所を化粧モルタルで補修することもある。

付図-1.1.4 に逆巻き工法の水平打継ぎ目の種類、付写真-1.1.3 に逆巻き工法の水平打継ぎ目と化粧モルタル、目地モルタルのうき・はく離の例を示す。

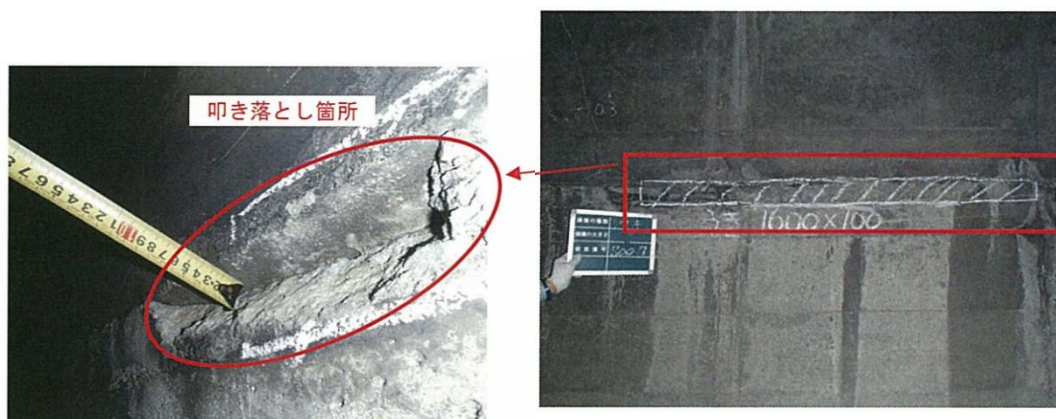
※矢板工法のトンネルは横断目地だけではなく、水平打継ぎ目にも留意する。



付図-1.1.4 逆巻き工法の水平打継ぎ目の種類



(a)化粧モルタルの例

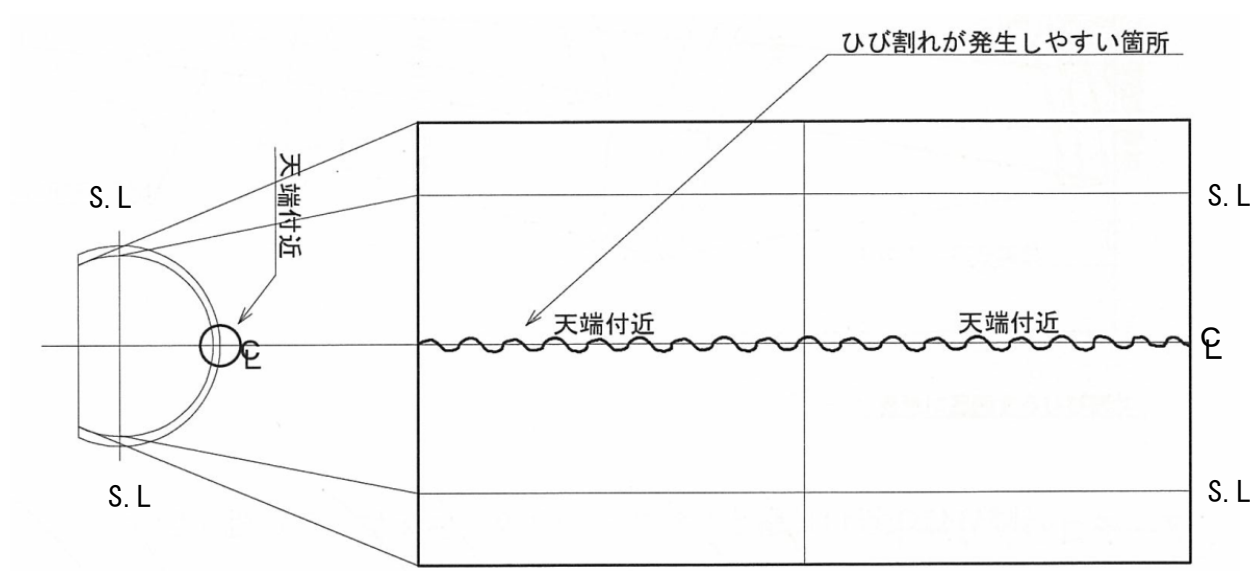


(b)目地モルタルの例

付写真-1.1.3 逆巻き工法の水平打継ぎ目と化粧モルタル、目地モルタルのうき・はく離の例

## (2) 覆工の天端付近

覆工コンクリートを横断的に一つのブロックとしてとらえると、天端付近はブロックの間点にあたり、乾燥収縮及び温度伸縮によるひび割れが生じやすい。付図-1.2 に覆工の天端とその付近に発生する変状の例、付写真-1.2 に覆工の天端付近に発生した縦断方向のひび割れの例を示す。



付図-1.2 覆工の天端とその付近に発生する変状の例

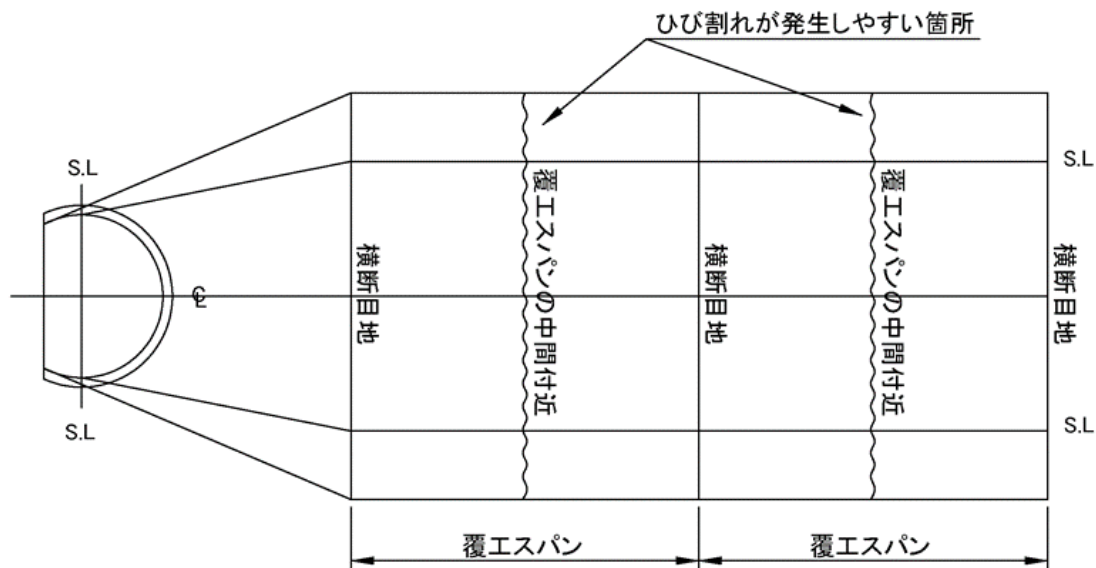


付写真-1.2 覆工の天端付近に発生した縦断方向のひび割れの例

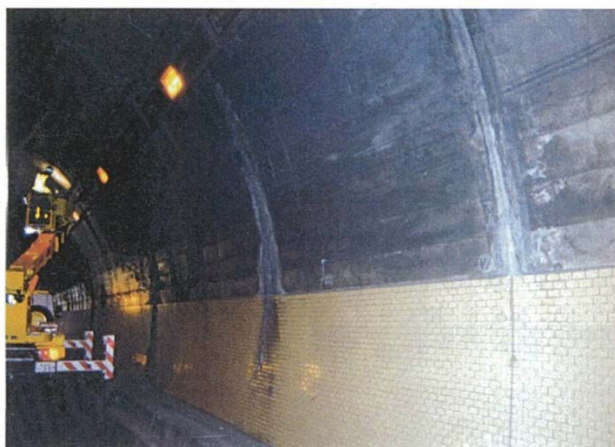
### (3) 覆工スパンの中間付近

覆工スパンの中間付近は、乾燥収縮及び温度伸縮によるひび割れが発生しやすい。

付図-1.3 に覆工の中間付近に発生する変状の例、付写真-1.2 に覆工スパンの中間付近に発生したひび割れの例を示す。



付図-1.3 覆工スパンの中間付近に発生する変状の例



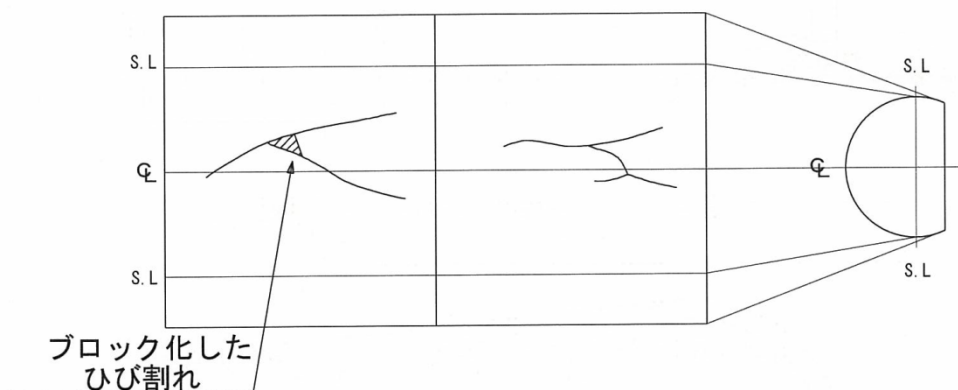
付写真-1.3 覆工スパンの中間付近に発生したひび割れの例

#### (4) 顕著な変状の周辺

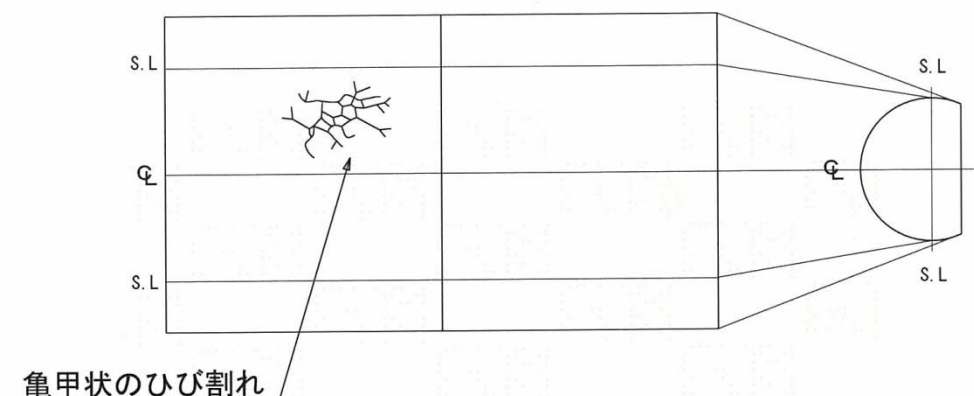
##### ① ひび割れ箇所

ひび割れの周辺に複数のひび割れがあり、ブロック化してうき・はく離が認められる場合がある。

付図-1.4.1 に複数のひび割れでブロック化した覆工コンクリートの例、付図-1.4.2 に覆工コンクリートの亀甲状のひび割れによる細片化の例、付写真-1.4.1 に複数のひび割れで覆工コンクリートがブロック化している例を示す。



付図-1.4.1 複数のひび割れでブロック化した覆工コンクリートの例



付図-1.4.2 覆工コンクリートの亀甲状のひび割れによる細片化の例



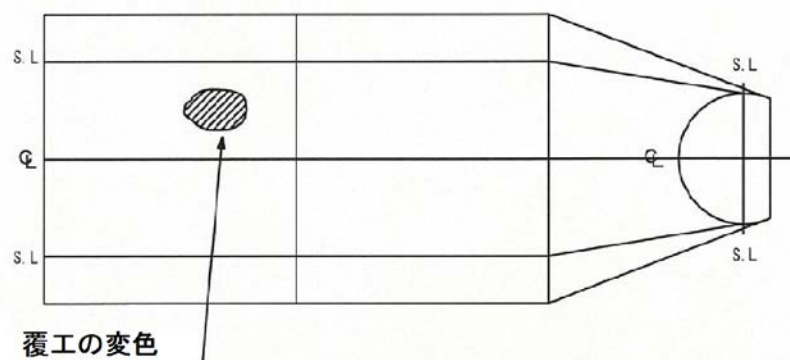
付写真-1.4.1 複数のひび割れで覆工コンクリートがブロック化している例



## ② 覆工等の変色箇所

覆工表面が変色している場合は、観察するとひび割れがあり、そこから遊離石灰や錆汁等が出ている場合が多い。その周辺を打音検査するとき・はく離が認められる場合がある。

付図-1.4.3 に覆工コンクリートの変色位置の例、付写真-1.4.2 に覆工コンクリートが変色している例を示す。



付図-1.4.3 覆工コンクリートの変色位置の例

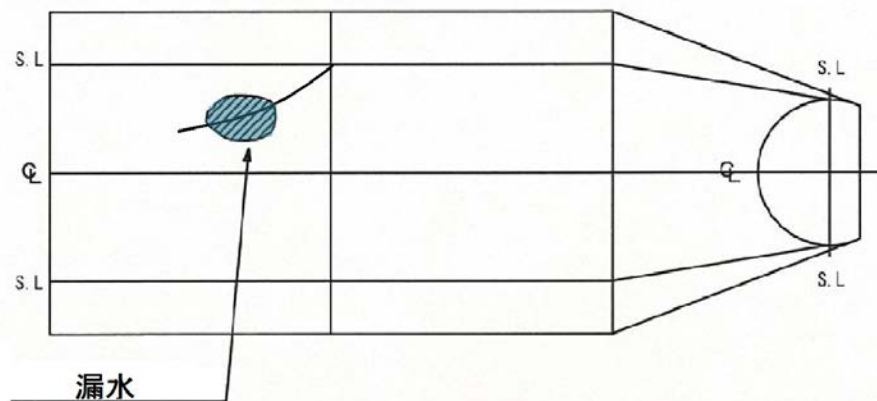


付写真-1.4.2 覆工コンクリートが変色している例  
(うき・はく離を伴う例)

### ③ 漏水箇所

覆工表面等に漏水箇所や漏水の跡がある場合は、ひび割れや施工不良（豆板等）があり、そこから水が流れ出している場合が多い。その付近のコンクリートに、うき・はく離が発生しているおそれがある。

付図-1.4.4 にひび割れからの漏水位置の例、付写真-1.4.3 に漏水（噴出）している例を示す。



付図-1.4.4 ひび割れからの漏水位置の例

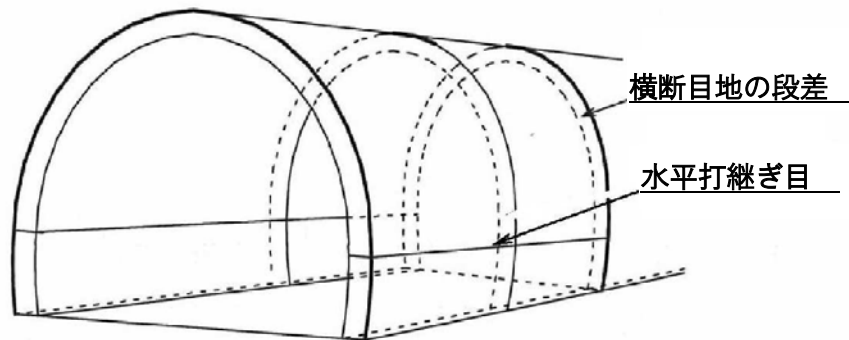


付写真-1.4.3 漏水（噴出）している例

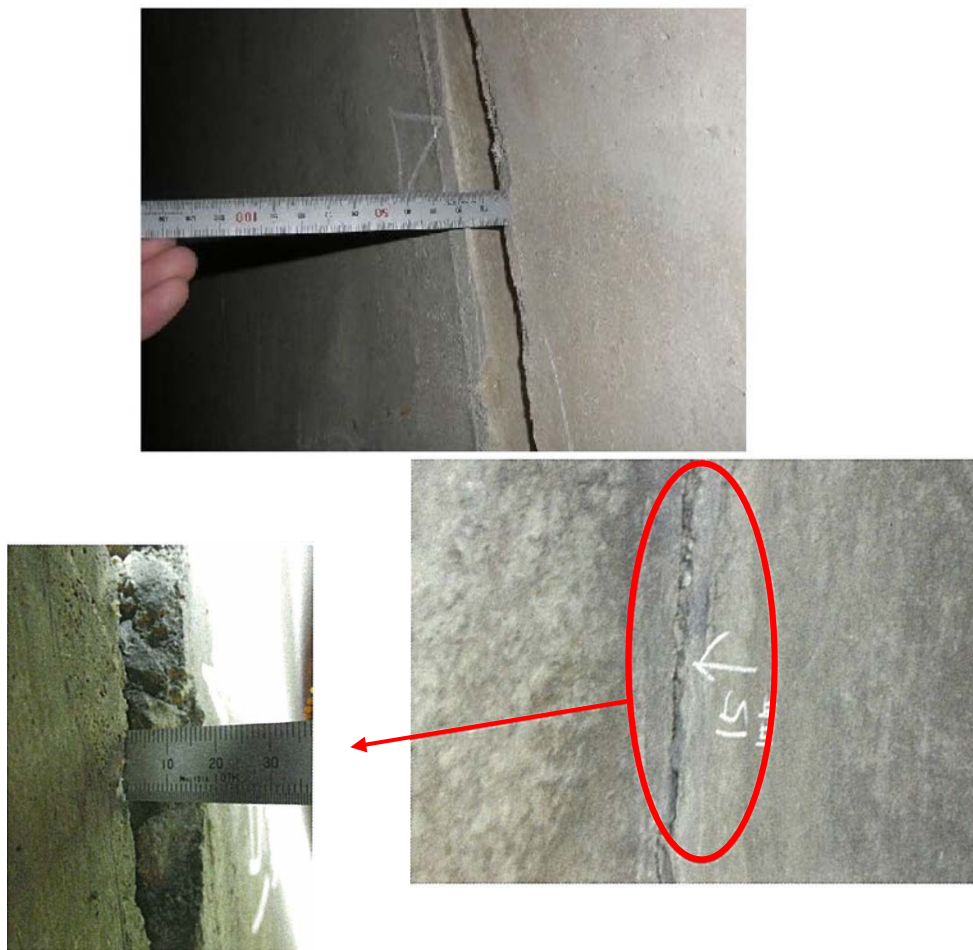
#### ④ 覆工の段差箇所

覆工表面に段差がある場合は、異常な力が働いた場合や施工の不具合等、何らかの原因があり、構造的な弱点となっている場合がある。

付図-1.4.5 に目地部、打継ぎ目部の段差の例、付写真-1.4.4 に段差の例を示す。



付図-1.4.5 目地部、打継ぎ目部の段差の例



付写真-1.4.4 段差の例

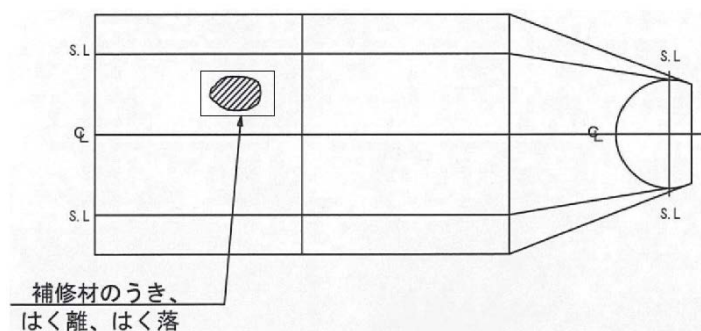
## ⑤ 補修箇所

覆工の補修は、覆工コンクリートと別の材料であるモルタル、鋼材、繊維シート、その他を塗布、貼り付け又はボルト固定により補修した 경우가多く、容易に判別できる。これらの補修箇所は補修材自体、または、接着剤が劣化若しくはボルトが緩み不安定な状態になっていたり、変状が進行して周囲にうき・はく離が生じている場合がある。

覆工表面に補修材が貼り付けられている場合、背面の状態や補修材の接着状況等にも配慮して点検を行うことが望ましい。

なお、補修材等の変状については、補修等の目的に基づき変状種類及び変状区分を定める。たとえば、漏水対策として導水樋を設置している場合、導水樋の止め金具の緩みなどの変状についても変状区分を漏水とする。

付図-1.4.6 に補修材のうき・はく離、はく落の変状の例、付写真-1.4.5 に補修モルタルが劣化してはく離している例、付写真-1.4.6 に導水樋の止め金具が脱落した例、付写真-1.4.7 に繊維シートの接着の例を示す。



付図-1.4.6 補修材のうき・はく離、はく落の変状の例



付写真-1.4.5 補修モルタルが劣化してはく離している例



付写真-1.4.6 導水樋の止め金具が脱落した例



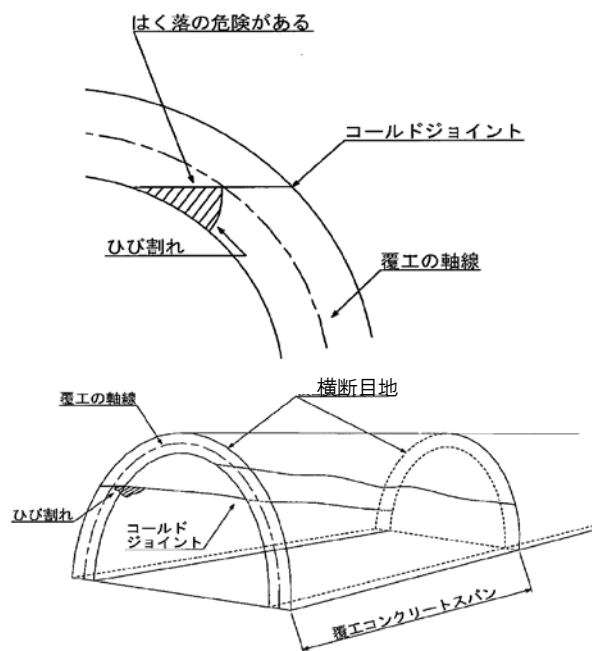
付写真-1.4.7 繊維シートの接着の例



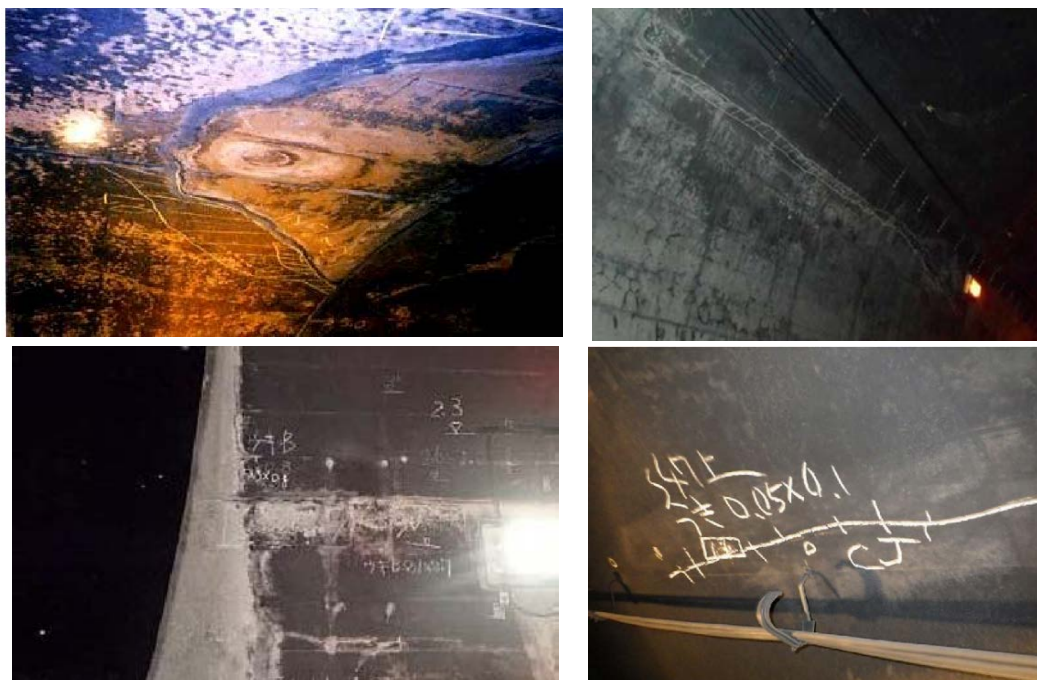
⑥ コールドジョイント付近に発生した変状箇所

コールドジョイントは施工の不具合でできた継ぎ目である。コールドジョイントの付近にひび割れが発生しやすいので、コンクリートがブロック化することがある。特に付図-1.4.7 に示すようなコールドジョイントが覆工の軸線と斜交する場合は、薄くなった覆工コンクリート表面にひび割れが発生し、はく落しやすい。また、せん断に対する抵抗力が低下する原因となる。

付図-1.4.7 にコールドジョイント付近に発生するひび割れの例、付写真-1.4.8 にコールドジョイント付近に発生したひび割れの例を示す。



付図-1.4.7 コールドジョイント付近に発生するひび割れの例



付写真-1.4.8 コールドジョイント付近に発生したひび割れの例

## 付録-2 機器のキャリブレーションの例

コンクリート部材には様々な変状が様々な状態で現れ、この資料で対象とする構造も例外ではない。機器等を状態の把握に用いるにあたっては、機器の特性も考慮して結果の解釈を行う必要がある。ここでは、カメラ等の光学機器を例に、例えば現地で、または、事前に別な場所でキャリブレーションを行い機器等の特性を評価する方法の例を示す。なお、ここに示すのは考え方の一例であり、これでなければならないということも、これであらゆる条件に対する適用性が評価できるというわけでもなく、前述のとおり適用の判断や機器利用の結果の解釈にあたっては、得られた特徴を反映して行わねばならない。

### 色調：

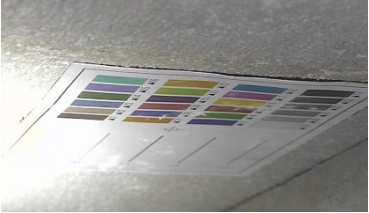
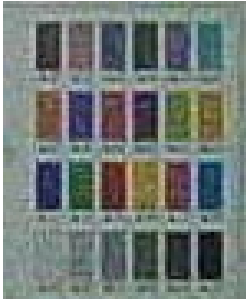
遊離石灰や漏水、部材の変色、骨材の異常、ひびわれなどを見るにあたって、色調の特徴をつかむことが必要である。そこで、たとえば、カラーチェックを行うことなどが考えられる。なお、部材表面に照明をあてる場合には、実際に用いる照明を用いた状態でカラーチェックをするのがよいと考えられる。

### 分解能：

様々な変状の種類や寸法、形状を把握するには、分解能について特徴を把握しておく必要がある。特徴を表すためにはさまざまな指標が考えられる。内空に生じるひびわれには、部材軸、部材軸直交、又はこれが様々な組み合わせることも想定されたり、隅角部に生じることも想定されることから、少なくともこれらを想定したいくつかの向きやパターンのひびわれ又はこれを模擬したものを機器等を通じて見てみたり、幅や長さを変えて配置したいくつかのひびわれ又はこれを模擬したものを見たりし、近接目視をした結果として比較しておくといよい。換言すれば、キャリブレーションした範囲で結果が得られるように、機器を使用することが基本となる。

機器を移動させる速度、対象物までの距離、光学部の特性（たとえばカメラで言うところの絞りやシャッタースピードの変化、その他色や手ぶれの補正機能の選択）によっても得られる結果が変わると考えられる。そこで、実際に用いる機器で、実際に用いることが想定される条件でキャリブレーションしておくといよい。照明を用いる場合には、陰影によっても見え方が変わるので、注意が必要である。また、対象に正対して見た場合、正対せずに見た場合などの違いも把握しておくといよい。

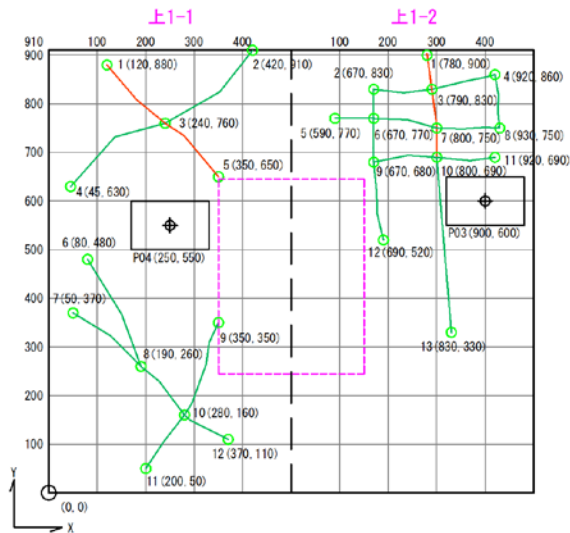
■ 目視と機器による色調情報の違い

| 調査機器 | カラーチャート見本                                                                           | 代表的な画像                                                                                                                                                                 | 評価                                                                                      |
|------|-------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------|
| A    |    |     | テストパターンと正対して画像を取得できるケース（左写真）では、色調は正確に取得できる。テストパターンに対して斜め位置での撮影の場合、色調取得の精度は劣る（右写真）。      |
| B    |   |   | テストパターンと正対して画像を取得できるケース（左写真）では、色調は正確に取得できる。テストパターンに対して斜め位置での撮影の場合、解像度及び色調取得の精度は劣る（右写真）。 |
| E    |  |                                                                                    | 光量不足により、色調の評価は困難である。                                                                    |

## ■コンクリートのひびわれパターンに応じた見え方の例

### 様々なひびわれパターン図

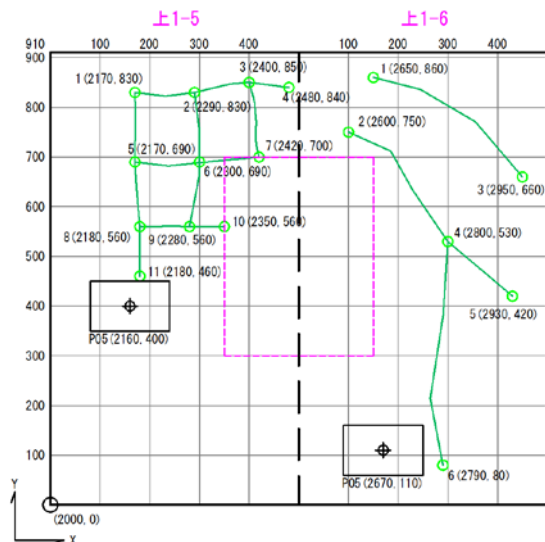
幅、長さ、方向（縦、横、斜め）、格子状、分岐、位置（中心部、外縁部）等の違い



# ■コンクリートのひびわれパターンに応じた見え方の例

## 様々なひびわれパターン図

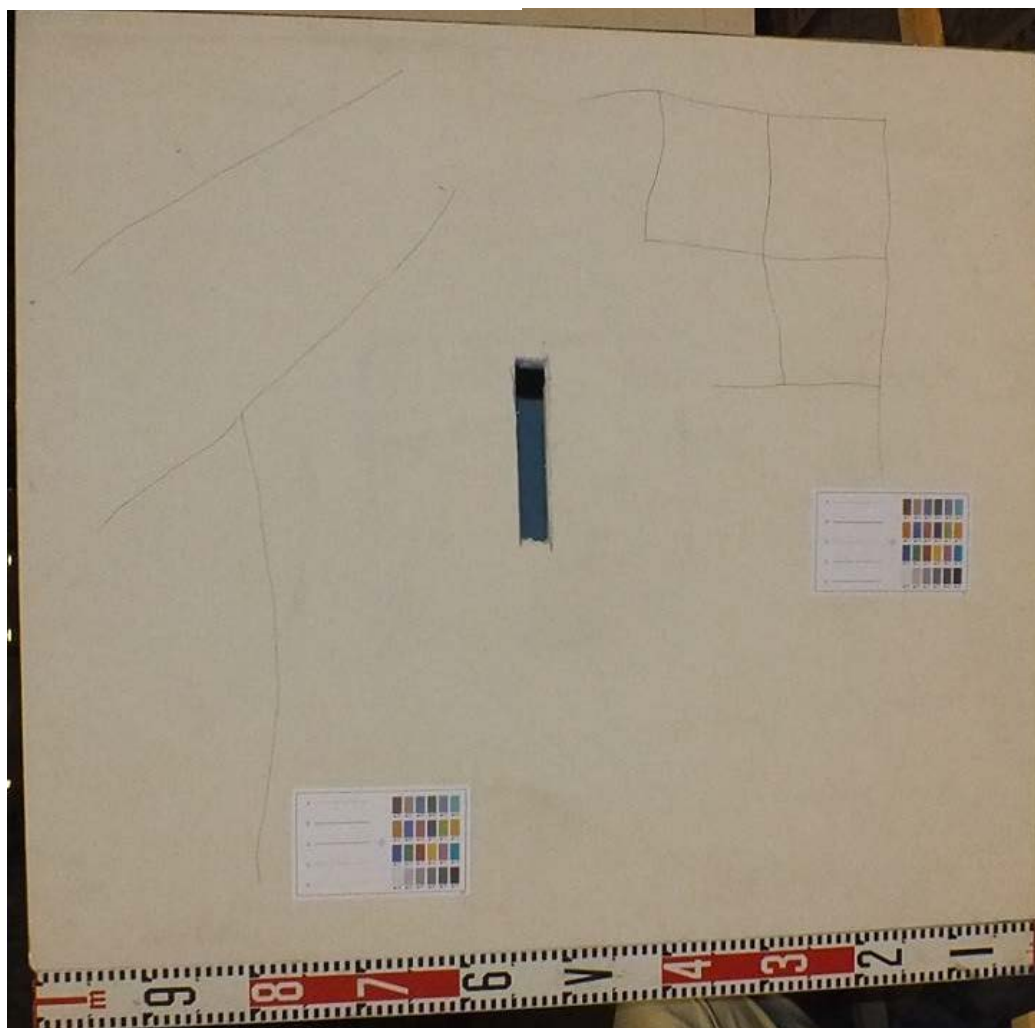
幅、長さ、方向（縦、横、斜め）、格子状、分岐、位置（中心部、外縁部）等の違い



ひびわれ写真と  
写真から作成した損傷図  
（ただし、左右反転）

### 凡例

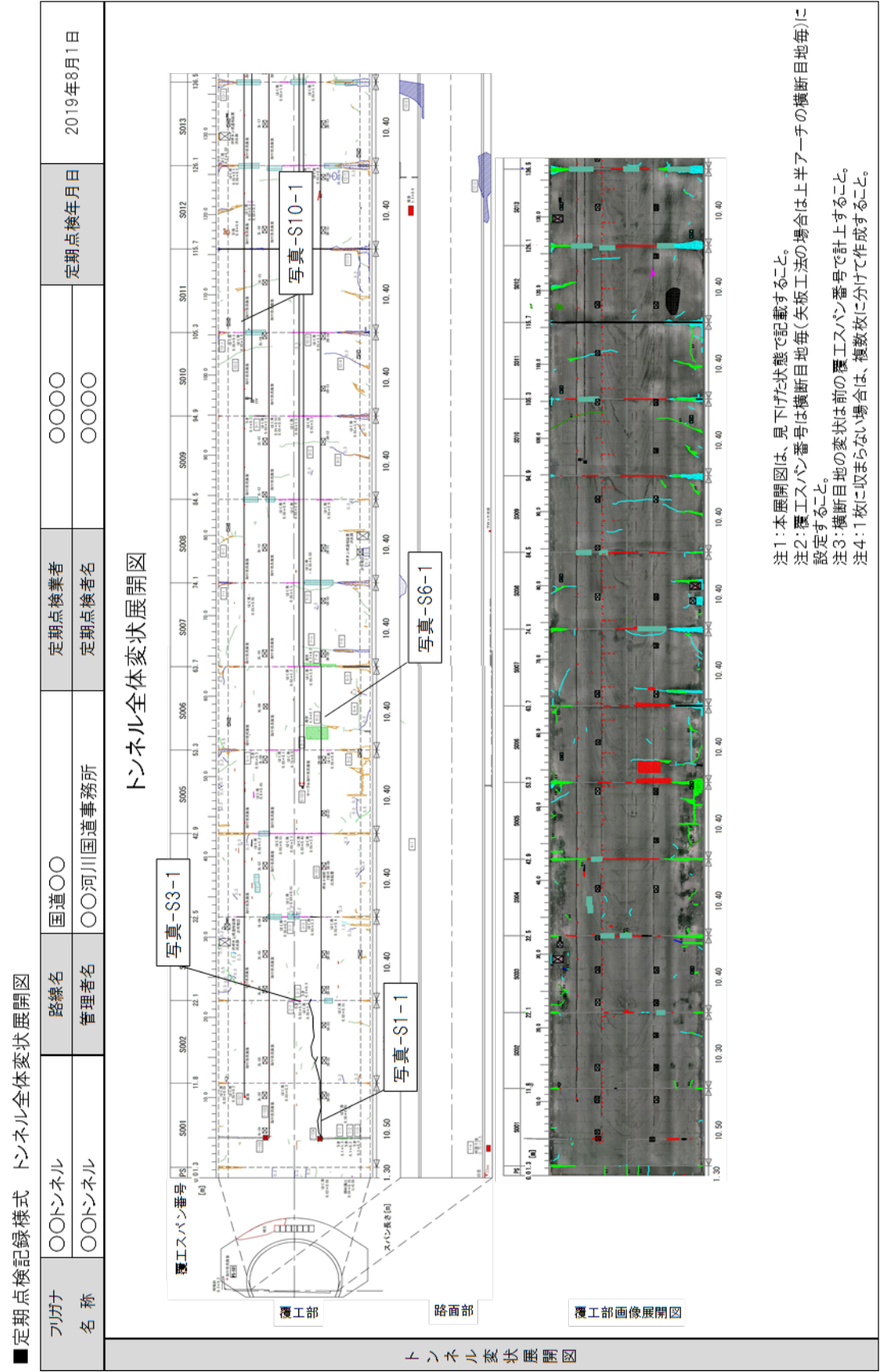
- 0.2mm未満
- 0.2mm以上0.3mm未満
- 0.3mm以上





付録-3 記録様式の例

付図-3.1 トンネル全体変状展開図（機器を活用する記録の例）



付図-3.2 状態の把握の内容の記録様式の例

[illegible]



付図-3.3 近接目視によらない方法を講じた箇所の記録様式の例

| ■定期点検記録様式 近接目視による状態の把握ができていない箇所・近接目視によらない方法を講じた箇所 |                  |                     |    |       |                                   |              |         |           |  |
|---------------------------------------------------|------------------|---------------------|----|-------|-----------------------------------|--------------|---------|-----------|--|
| フリガナ<br>名称                                        | 〇〇トンネル<br>〇〇トンネル | 路線名                 |    | 国道〇〇号 | 定期点検業者<br>定期点検者名                  | 〇〇〇〇<br>〇〇〇〇 | 定期点検年月日 | 2019年8月1日 |  |
|                                                   |                  | 〇〇                  | 〇〇 |       |                                   |              |         |           |  |
| 覆工スパン<br>番号                                       | 対象箇所             | 理由                  |    |       | 対応策                               |              |         |           |  |
| S1～S400                                           | 覆工               | 内装版の設置              |    |       | 内装板および内装板周辺の覆工及び路面等の変状状況を目視により確認  |              |         |           |  |
| S15～S300                                          | 覆工・背面空洞          | 覆工巻厚、背面空洞が目視では確認できず |    |       | 以前、非破壊調査により確認済みであり、今回も変状の兆候は確認されず |              |         |           |  |
|                                                   |                  |                     |    |       |                                   |              |         |           |  |
|                                                   |                  |                     |    |       |                                   |              |         |           |  |
|                                                   |                  |                     |    |       |                                   |              |         |           |  |
|                                                   |                  |                     |    |       |                                   |              |         |           |  |
|                                                   |                  |                     |    |       |                                   |              |         |           |  |
|                                                   |                  |                     |    |       |                                   |              |         |           |  |
|                                                   |                  |                     |    |       |                                   |              |         |           |  |
|                                                   |                  |                     |    |       |                                   |              |         |           |  |
|                                                   |                  |                     |    |       |                                   |              |         |           |  |
|                                                   |                  |                     |    |       |                                   |              |         |           |  |
|                                                   |                  |                     |    |       |                                   |              |         |           |  |
|                                                   |                  |                     |    |       |                                   |              |         |           |  |
|                                                   |                  |                     |    |       |                                   |              |         |           |  |
|                                                   |                  |                     |    |       |                                   |              |         |           |  |

注) 近接目視又は打音、触診ができていない箇所及び近接目視によらない方法を講じた箇所を記載する。